

FRISHAUF, HOLTZ, GOODMAN, LANGER & CHICK, P.C.  
ATTORNEYS AT LAW

767 THIRD AVENUE, NEW YORK, N.Y. 10017-2023

LEONARD HOLTZ  
HERBERT GOODMAN  
WILLIAM R. WOODWARD (1914-1994)  
THOMAS LANGER  
MARSHALL J. CHICK  
RICHARD S. BARTH  
DOUGLAS HOLTZ  
ROBERT P. MICHAL  
TELEPHONE: (212) 319-4900  
FACSIMILE: (212) 319-5101

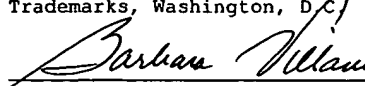
Hon. Commissioner of Patents & Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Express Mail Mailing Label  
No.: EV 044 466 269 US

#3

Date of Deposit: December 18, 2001

I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231

  
Barbara Villani  
Attorney Docket No. 01828/LH

JCS80 U.S. PTO  
10/022864  
12/18/01

Pursuant to 37 CFR 1.53(b), transmitted herewith for filing is the patent application of

Inventor(s): FumiYuki SHIRATANI

Title: "3D IMAGE ACQUISITION APPARATUS AND 3D IMAGE ACQUISITION METHOD"

Priority Claim (35 U.S.C. 119) is made, based upon:

Japan No. 2000-387428 filed December 20, 2000

Enclosed herewith are:

- ☒ Specification (Description, Claims, Abstract): Pages 1 - 45 ; Number of claims 1 - 16  
☒ Declaration and Power of Attorney ☒ executed; ☐ unexecuted (supplied for information purposes)  
☒ 10 Sheets of drawings, Figures 1 - 12 ☒ Formal ☐ Informal  
☒ Assignment and "Patents" Recordation Form Cover Sheet (PTO-1595) AND \$40. RECORDATION FEE.

ASSIGNMENT INFORMATION FOR PUBLICATION:

Olympus Optical Co., Ltd.  
43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku,  
Tokyo, JAPAN

- ☒ Certified copy (ies) of priority document(s) identified above  
☒ Information Disclosure Statement; ☒ Form PTO/SB/08A  
☒ Preliminary Amendment (to eliminate multiple dependent claims)  
☐ Verified Statement(s) Claiming Small Entity Status  
☒ Change of Correspondence Address (Form PTO/SB/122)  
☒ Receipt Postcard

	Number Filed		Number Extra	Rate	Calculations
Total Claims	<u>21</u>	-20 =	<u>1</u>	x \$18.00 =	\$ <u>18.00</u>
Independent Claims	<u>6</u>	-3 =	<u>3</u>	x \$84.00 =	\$ <u>252.00</u>
MULTIPLE DEPENDENT CLAIMS				+ \$280.00 =	\$ <u>          </u>
				BASIC FEE	\$ <u>740.00</u>
				Total of above Calculations	\$ <u>1,010.00</u>

To the extent not tendered by check, authorization is given to charge any fees under 37 CFR 1.16 and 1.17 during pendency of the application, or to credit any overpayment, to Deposit Account No. 06-1378. Duplicate copy of this letter is enclosed.

FRISHAUF, HOLTZ, GOODMAN, LANGER & CHICK, P.C.

By:   
LEONARD HOLTZ  
Reg. No. 22,974

LH:bv  
12/00

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JCS80 U.S. PTO  
10/022864  
12/18/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年12月20日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-387428

出 願 人  
Applicant(s):

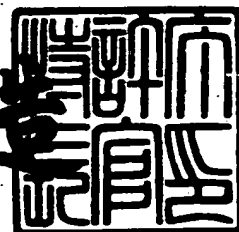
オリンパス光学工業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年11月26日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 A000007273

【提出日】 平成12年12月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/24

【発明の名称】 3次元画像取得装置および3次元画像取得方法

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学工業株式会社内

【氏名】 白谷 文行

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100058479

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴江 武彦

【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

【識別番号】 100084618

【弁理士】

【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

【識別番号】 100068814

【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010297

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 3次元画像取得装置および3次元画像取得方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体に所定パターンを投影するパターン投影手段と、

上記パターン投影手段と所定距離離れて位置され、上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影手段と、

上記撮影手段が撮影した画像からパターンを検出し、この検出したパターンと上記パターン投影手段が投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体の各部分の奥行きを計算する奥行き計算手段と、

を有し、

上記パターン投影手段が投影するパターンは、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものであることを特徴とする3次元画像取得装置。

【請求項2】 物体に所定パターンを投影するパターン投影手段と、

上記パターン投影手段と所定距離離れて位置され、上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影手段と、

上記撮影手段が撮影した画像からパターンを検出し、この検出したパターンと上記パターン投影手段が投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体の各部分の奥行きを計算する奥行き計算手段と、

を有し、

上記パターン投影手段が投影するパターンは、複数の色成分毎のパターンが重畳されたものであり、各色成分毎のパターンは輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものであることを特徴とする3次元画像取得装置。

【請求項3】 上記複数の各色成分毎のパターンは、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が一致していることを特徴とする、請求項2に記載の3次元画像取得装置。

【請求項4】 上記複数の各色成分毎のパターンは、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が異なっていることを特徴とする、請求項2に記載の3次元画像取得装置。

【請求項 5】 上記複数の各色成分とは、RGB 成分であることを特徴とする、請求項 2, 3 又は 4 の何れかに記載の 3 次元画像取得装置。

【請求項 6】 上記パターンは、ストライプパターン又は格子パターンであることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 の何れか 1 つに記載の 3 次元画像取得装置。

【請求項 7】 物体に所定のパターンを投影するパターン投影ステップと、  
上記パターンを投影した位置より所定距離離れた位置で、上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影ステップと、

上記撮影ステップで撮影した画像からパターンを検出し、この検出したパターンと上記パターン投影ステップで投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体各部分の奥行きを計算する奥行き計算ステップと、

を有し、

上記パターン投影ステップで投影するパターンは、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものであることを特徴とする 3 次元画像取得方法。

【請求項 8】 物体に所定のパターンを投影するパターン投影ステップと、  
上記パターンを投影した位置より所定距離離れた位置で、上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影ステップと、

上記撮影ステップが撮影した画像からパターンを検出し、この検出したパターンと上記パターン投影ステップで投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体各部分の奥行きを計算する奥行き計算ステップと、

を有し、

上記パターン投影ステップで投影するパターンは、複数の色成分毎のパターンが重畳されたものであり、各色成分毎のパターンは、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものであることを特徴とする 3 次元画像取得方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、物体の 3 次元形状を非接触で計測するための技術に係わる 3 次元画

像取得方法とこの方法を実施するための 3 次元画像取得装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

3 次元形状の計測技術として 3 次元画像取得装置に適用された従来の 3 次元物体の形状計測方法には、大別して次の 2 種類がある。1 つは光の伝播時間の測定による方法であり、もう 1 つは三角測量の原理を利用した方法である。前者は死角が無く、原理的には理想的な方法であるが、現状では計測時間と精度に問題がある故に、主に後者の三角測量法が利用されている。

【 0 0 0 3 】

三角測量を利用した方法には、能動的な手法の「アクティブ法」と受動的な手法の「パッシブステレオ法」がある。このパッシブステレオ法は、位置の異なる 2 台のカメラから得られたステレオの画像間の対応づけを行い、その対応づけの結果と予め計測されている 2 台のカメラの位置関係とから、三角測量の原理により被写体までの距離を求める方法である。この方法は、画像間の対応づけの困難さが伴う上、テクスチャの無い物体の形状を求められないという欠点がある。

【 0 0 0 4 】

これに対し、三角測量の原理を応用したアクティブ法として、上記 2 台のカメラの一方を光源に置き換え、被写体表面での上記光源の像をもう一方の視点に設定したカメラで観察し形状計測する「光投影法」がある。この光投影法はさらに、スポット光投影法、スリット光投影法およびパターン光投影法に分類できる。

【 0 0 0 5 】

このスポット光投影法では、1 回の画像入力で被写体の 1 点しか計測できない。スリット光投影法では、1 回の画像入力で被写体の 1 ラインの計測を行えるが、やはり被写体全域の形状計測を行うには、投影光を偏向させながら何度も画像入力を繰り返す必要がある故にその入力に時間がかかる。

また上記パターン光投影法は、ストライプパターンや格子パターンのような 2 次元的なパターンを投影するもので、パターン投影画像の入力が 1 回で済むというメリットがある。

【 0 0 0 6 】

このパターン光投影法は「空間符号化」とも呼ばれ、これは更にパターン形状符号化と階調符号化に分けられる。前者のパターン形状符号化としては、スリットの開口幅の分布によるものと、M系列符号を利用したものが提案されているが、計測密度や計測の安定性に問題があり、実用性に乏しい。

一方、階調符号化には、濃淡階調によるものと色階調によるものがあり、何れも識別できる階調数が少ないという問題がある。濃淡階調については、5階調程度が識別の限度と言われており、色階調に対しては白色又は淡色系の場合を除き、多くの階調を利用することができない。

これらの問題に対処する方法として、複数の色や濃淡を組み合わせる1つの符号を割り当てる方法が提案されている。

#### 【0007】

以下、格子パターンとストライプパターンの符号化の従来例を説明する。

まず、格子パターンに関しては、例えば、特許第2565885号公報で提案されているような「空間パターンコード化方法」がある。この方法は、3値以上の濃淡、又は3色以上の色、又は濃淡と色の組合せによる3種類以上の階調領域を有し、階調領域の境界線の交点において少なくとも3種類の階調領域が互いに接するように配置した多値格子板パターンを用いる。そして、このパターンを被測定対象物に投影して生じる投影像の交点に階調の種類と順序に応じた主コードを付与する。それから、この主コードを、または前記交点の主コードとその周囲交点の主コードを組み合わせたコードを、交点の識別用の特徴コードとして付与するものである。

#### 【0008】

図9は、このような従来の空間パターンコード化の方法による3値の階調を用いた格子パターンの一例であり、白を2、黒を0、灰色を1として表示している。また図10は、このコード化の方法による全体の流れをフローチャートで示している。

ステップST1001では、3値化のための識別閾値を求め、続くステップST1002では、それぞれの画素毎に、階調に応じて0, 1, 又は2のように3値化して書き表す。



## 【 0 0 0 9 】

ステップST1003では、多値格子板パターンの各格子板領域のコーナー、即ちエッジ交点をノードとして抽出するノード選択を行う。

ステップST1004では、抽出したノードを囲む階調分布に応じて、コードのうちの1つを主コードとして付与する復号処理を行う。

ステップST1005では、ノード識別、コード番号の結果をテーブルに記録する。

## 【 0 0 1 0 】

このような方法は、最低3階調のパターンを1回投影するだけで、多くの特徴コードを作り出すパターン構造を提供している点において優れた方法である。

受光したパターンから符号化情報を引き出して3次元情報を引き出すには、まず、輝度変化を確実に読み取り、マス目1つがどこからどこまでなのかをできるだけ正確に検出することが重要である。図9の格子パターンの下方には、その格子パターン中の上から2行目の階調をグラフ表示している。これによると、投影する光の拡散によって極大点や極小点でない変曲点付近(即ち、図9中で、(1)(2)(1)の2つの(1))でグラフの傾きが大きくなってしまうため、格子構造(マスの区切り)の抽出が不安定になってしまう不具合が生ずる。つまり、測距点の左右へのずれが大きくなり、信頼性に欠けるという問題がある。

## 【 0 0 1 1 】

次に、図11にこの空間パターンコード化の方法によるR,G,Bの3色の階調を用いる場合の従来例を示す。この例では、例えば、Rに0、Gに1、Bに2を対応させる。また図11中の格子パターンの下方には、その格子パターン中の上から2行目のR,G,Bそれぞれの輝度値のグラフを示す。

## 【 0 0 1 2 】

例えば、G成分とB成分の反射信号がほとんどゼロに近く、R成分の反射信号が強いような表面反射率特性をもつ物体(即ち、濃い赤の物体)に対して、図11のパターンの上から2行目のラインでは、Rの輝度値において1つの極大の信号が得られるが、GやBの輝度値では、ほとんどノイズレベルになってしまう。このような状況下では、復号は不可能となる。同様に、R,G,Bの1つの成分でも、その反射信号がほとんどゼロに近いような表面反射率特性をもつ物体に対して

は、復号は困難になる。この事を換言すると、白色系又は淡色系の物体表面に対しては、うまく復号できるが、RGB成分の反射信号のうち1つでも、ほとんどゼロに近いような値となるような表面反射率特性をもつ物体に対しては、RGBの組合せから求まる色による判定は困難になってしまう。

#### 【0013】

つづいて、ストライプパターンの従来例を説明する。これに関しては例えば、電子通信学会論文誌(Vol.J61-D, No.6, pp.411-418, 1978)中で提案されている。図12は、R,G,Bの色によって符号化されたストライプパターンの一例を示している。図11に示した例とこの例との違いは、格子とストライプという点の他に、R,G,Bの間に黒の領域(斜線ハッチング部分)が存在する事にある。黒の領域が在る事によって、光の拡散による混色を軽減できるというメリットがある。

#### 【0014】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来例の場合も、R,G,Bの1つの成分でも、その反射信号がほとんどゼロに近似するような表面反射率特性をもつ物体に対しては、復号は困難になる。

#### 【0015】

本発明は以上に説明した従来技術が有する不具合に対処すべく立案されたものであり、この発明の目的は、ストライプパターン投影像からのストライプ境界抽出や格子パターン投影像からのマス目境界抽出を正しく行え、且つ、白色系や淡色系の物体でなくても符号化された投影像から正しい復号が可能となる空間パターン符号化方法による3次元画像取得方法及び3次元画像取得装置を提供することにある。

#### 【0016】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題を解決し目的を達成するため、本発明では次のような手段を講じている。すなわち3次元画像取得方法においては、3次元物体の形状を非接触で計測するために空間パターン符号化の手法を適用して、パターンを投影し、受光パタ

ーンと投光パターンの対応を求めることによりその物体の奥行き情報を取得するもので、この方法を実現できるように 3 次元画像計測装置を提案するものである。

## 【 0 0 1 7 】

例えば、第 1 の発明によれば、物体に所定パターンを投影するパターン投影手段と、このパターン投影手段と所定距離離れて位置されて上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影手段と、この撮影手段が撮影した画像からパターンを検出しこの検出したパターンと上記パターン投影手段が投影したパターンを対応させこの対応を用いて上記物体の各部分の奥行きを計算する奥行き計算手段と、を有し、上記パターン投影手段が投影するパターンは、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものであるような 3 次元画像取得装置を提案する。

## 【 0 0 1 8 】

第 2 の発明によれば、物体に所定パターンを投影するパターン投影手段と、このパターン投影手段と所定距離離れて位置されて上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影手段と、この撮影手段が撮影した画像からパターンを検出しこの検出したパターンと上記パターン投影手段が投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体の各部分の奥行きを計算する奥行き計算手段と、を有し、上記パターン投影手段が投影するパターンは、複数の色成分毎のパターンが重畳されたものであり、各色成分毎のパターンは輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したような 3 次元画像取得装置を提案する。

## 【 0 0 1 9 】

そして、上記複数の各色成分毎のパターンは、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が一致していることが特徴の上記載の 3 次元画像取得装置である。

## 【 0 0 2 0 】

上記複数の各色成分毎のパターンは、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が異なっていることを特徴とする上記載の 3 次元画像取得装置である。

上記複数の各色成分とは、RGB 成分であることが特徴の上記載の 3 次元画像

取得装置である。

上記パターンは、ストライプパターン又は格子パターンであることが特徴の上記載の 3 次元画像取得装置である。

#### 【0021】

また、第 3 の発明によれば、物体に所定のパターンを投影するパターン投影ステップと、このパターンを投影した位置より所定距離離れた位置で上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影ステップと、この撮影ステップで撮影した画像からパターンを検出しこの検出したパターンと上記パターン投影ステップで投影したパターンを対応させこの対応を用いて当該物体各部分の奥行きを計算する奥行き計算ステップと、を有し、上記パターン投影ステップで投影するパターンは、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したような 3 次元画像取得方法を提案する。

#### 【0022】

さらに第 4 の発明によれば、物体に所定のパターンを投影するパターン投影ステップと、このパターンを投影した位置より所定距離離れた位置で上記所定パターンを投影された物体を撮影する撮影ステップと、この撮影ステップが撮影した画像からパターンを検出しこの検出したパターンと上記パターン投影ステップで投影したパターンを対応させこの対応を用いて当該物体各部分の奥行きを計算する奥行き計算ステップとを有し、上記パターン投影ステップで投影するパターンは複数の色成分毎のパターンが重畳されたものであり、各色成分毎のパターンは輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したような 3 次元画像取得方法を提案する。

#### 【0023】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、複数の実施形態を挙げて本発明について説明する。

##### （第 1 実施形態）

図 1 ～ 図 3 に基づき、本発明の第 1 実施形態を詳しく説明する。

この第 1 実施形態における空間パターン符号化を行うパターン光投影方法を例にする図 1 には、パターン構造として 4 階調のストライプ(縞)パターンの場合を

例示している。

#### 【0024】

このパターンは、輝度値が略一定である領域(図1の場合は各縞)が複数で構成されている。各領域の輝度(階調)は複数の予め定められた輝度(階調)の何れか1つの輝度(階調)に属している。図1では、各縞は4つの階調(0,1,2,3)の何れか1つに属している。そしてこれは、パターンの輝度値が極大となる領域と極小になる領域を交互に配置したものである。

また、各領域は、一方で隣接する領域が自領域より輝度(階調)が高ければ、反対側で隣接する領域も自領域より輝度(階調)が高いように、輝度が低ければ反対側でも輝度が低いようになっている。また、隣接する領域同士は輝度(階調)が異なるようになっている。

#### 【0025】

各ストライプパターンに対応する符号化では、図示のグラフの如く、極大と極小が交互に配置され、1,2,3の階調をとる極大を(1),(2),(3)で表わし、0,1,2,の階調をとる極小を(0),(-1),(-2)で表わす。これらの表記を用いて、ストライプの並びにおいて同じ符号が二度出現しない空間パターン符号化方法を説明する。このとき、極小の階調は、左右の極大の階調より小さく、奇数番目が極大、偶数番目が極小という制約付きの順列を扱うことになる。

#### 【0026】

図1の例において、極大、極小、極大、極小の順番に4つ並んだ数字を1つに符号化すると、[(1)(0)(2)(-1)], [(2)(-1)(3)(-2)]の2つの符号が得られる。このとき、2つ並んだ符号は、左側の符号の右2つの数字と右側の符号の左2つの数字、つまり(2)(-1)の部分を共有している。このように、数字を共有するように工夫して符号を並べていくと、付号数がmのとき、(2m+2)本のストライプの並びが得られる。そして、4階調、符号長4のとき、符号数mは30となる。従って、4階調の情報と極大、極小情報を組合せた場合に、4つのストライプの並びで符号化した場合、62本のストライプが得られることになる。

#### 【0027】

本発明に係わる空間パターン符号化の処理を図3のフローチャートに表わし

説明すると、まず最初に、ステップST301で、パターン投影像に基づいて極大および極小となる位置のストライプを検出する。これには、Sobelフィルタなどによってストライプのエッジ部分を抽出し、エッジに挟まれた区間で、階調が極大となるか、極小となるかを判定することで検出できる。

## 【 0 0 2 8 】

次のステップST302では、エッジに挟まれた区間の階調の判定を行う。

続くステップST303では、エッジに挟まれた区間の極大、極小情報と階調情報を用いて数値化して復号処理し、ステップST304ではその数値情報をメモリ上のテーブルに並べて記録する。そして、この数値情報とパターンメモリ 1 0 1 にあらかじめ記憶されている情報とを照合する。

## 【 0 0 2 9 】

例えば4階調の場合では、4つの数字の並びが一致しているものを探し出す。もし一致する符号が複数ある場合は、例えば、連続して一致する符号の長さが最大のものを信頼性が高いものとして選択する。このようにして、投光パターンと受光パターンの各ストライプに対して、高々1対1の対応関係が定まり、周知の三角測量の原理から奥行き情報が算出できる。

## 【 0 0 3 0 】

つづいて、上述した空間パターン符号化の方法により得られるパターンを用いて、3次元画像を取得するための3次元画像取得装置について説明する。

図2は、第1実施形態の3次元画像取得装置に関する概略構成例を示している。この3次元画像取得装置は、測定対象物に所定のパターンを投影してその物体を撮影し、得られた検出パターンと投影したパターンとを対応させることで、その物体の各部の奥行きを計測できるように次の如くの要素から構成されている。

## 【 0 0 3 1 】

投光する所定のパターンをあらかじめ記憶しておくパターンメモリ 1 0 1 と、その所定のパターン光を物体に投影するパターン投影手段としてのパターン投影部 1 0 2 とが接続されており、このパターン投影部 1 0 2 から投影されるパターンが、例えば、輝度値が極大となる領域と極小になる領域を図示のように交互に配置した状態で測定対象物体（不図示）に照射されるようになっている。

## 【 0 0 3 2 】

このパターン投影部 1 0 2 から所定距離だけ離間した所には、所定パターンが投影された物体を撮影するための撮影手段が設置され、この撮影手段は物体からの反射光の集光用レンズ 1 0 3 と、集光された反射光を受光する受光部 1 0 4 とから構成されている。

## 【 0 0 3 3 】

上記撮影手段を成す受光部 1 0 4 で受光された情報を記憶する画像メモリ 1 0 5 がその撮影手段に接続され、この画像メモリ 1 0 5 とパターンメモリ 1 0 1 とに接続して、上記撮影手段(1 0 3, 1 0 4)が撮影した画像からパターンを検出できるようになっている。そして、この検出したパターンと上記パターン投影部 1 0 2 が投影したパターンを対応させ、この対応を用いて当該物体各部分の奥行きを計算する奥行き計算手段としての奥行き算出部 1 0 6 が設けられている。

## 【 0 0 3 4 】

また、上記画像メモリ 1 0 5 から 2 次元画像情報を生成する 2 次元画像情報生成部 1 0 7 と、この 2 次元画像情報生成部 1 0 7 で生成された 2 次元画像情報と上記奥行き算出部 1 0 6 で算出された奥行き値とに基づき 3 次元画像を生成する 3 次元画像生成部 1 0 8 が接続されている。

## 【 0 0 3 5 】

ここで、この 3 次元画像取得装置の動作について順序を追って説明する。

パターンメモリ 1 0 1 には、あらかじめパターンの符号化情報を格納しておき、まず、パターン無しの画像を撮影するため、物体からの反射光を集光レンズ 1 0 3 によって集光し、これを受光部 1 0 4 で受光し、画像メモリ 1 0 5 に取り込む。続いて、2 次元画像生成部 1 0 7 で平面的な写真情報が生成されると共に、この情報によって、物体の表面反射率特性を取得する。尚、パターン無しの画像より得た物体の表面反射率特性は、パターンを投光した物体を撮影した画像よりパターン情報を抽出する際に、輝度を比較するベースとして用いられる。

## 【 0 0 3 6 】

次に、所定のパターンを物体に投光し、物体からの反射光を集光レンズ 1 0 3 によって集光する。これを受光部 1 0 4 で受光し、画像メモリ 1 0 5 に取り込む

。そして、奥行き算出部 1 0 6 において、パターンメモリ 1 0 1 に格納された情報と画像メモリ 1 0 5 中に取り込んだパターン情報を比較、照合し、投光パターンと受光パターンの対応関係を決定する。

#### 【 0 0 3 7 】

続いて、受光位置と焦点距離の情報から入射角を算出し、射出地点と受光地点間の距離間隔と光の射出角度の情報から、三角測量の原理によって奥行きが算出される。尚、入射角は、レンズ 1 0 3 の光学パラメータ(例えば焦点距離)と受光部の大きさが既知なので、撮影画像上の位置(受光位置)から判明する。射出地点と受光地点間の距離間隔は装置の構成により与えられる。光の射出角度は、画像に写ったパターンからわかる。

#### 【 0 0 3 8 】

そして最後に、3次元画像生成部 1 0 8 において、2次元画像生成部 1 0 7 で生成された2次元画像と、奥行き算出部 1 0 6 で算出された奥行き値とから3次元画像を生成する。

#### 【 0 0 3 9 】

このように、第1実施形態の3次元画像取得装置の構成例によれば、適用するパターンにおいて極大と極小が交互に配置されているので、ストライプ像(ストライプ境界)の抽出が容易となる。

また、RGBの各バンドに対して、その極大、極小情報と階調情報を組み合わせた符号化を行っているので、白色系や淡色系の物体に限定されることなく、3次元形状測定が可能な適用範囲を拡大することができる。

#### 【 0 0 4 0 】

##### (第2実施形態)

次に、本発明の第2実施形態について図4に基づき説明すると、図2との比較によりこの第2実施形態は、前述の第1実施形態で用いた空間パターン符号化方法は実質的に同じである。ただし、図4に示す如く3次元画像取得装置の構成が次の如く異なる。すなわち、撮影手段が視点の異なる複数箇所、例えばパターン投影部に対して左右一組(二箇所)に設けられ、これに伴って画像メモリも左右一組設けられる。また、左右の対応関係を決定する手段が新たに設けられている



## 【 0 0 4 1 】

詳しくは、投光するパターンを記憶しておくパターンメモリ 2 0 1 と、パターン光を物体に投影するパターン投影部 2 0 2 と、例えば左右二箇所の撮影手段を構成する集光用レンズ 2 0 3 R, 2 0 3 L 及び受光部 2 0 4 R, 2 0 4 L と、左右の画像メモリ 2 0 5 R, 2 0 5 L と、投影したパターンと検出したパターンとの対応関係を決定する対応関係決定部 2 0 6 と、2 次元画像情報生成部 2 0 7 と、奥行き算出部 2 0 8 と、3 次元画像生成部 2 0 9 とによって 3 次元画像取得装置が構成されている。

## 【 0 0 4 2 】

この第 2 実施形態に係わる 3 次元画像取得装置の動作について説明する。

まず、第 1 実施形態の場合と同様、あらかじめパターン無しの画像を撮影しておき、視点の異なる二箇所で撮影されたその画像が、それぞれ画像メモリ 2 0 5 R, 2 0 5 L に取り込まれている。

次に、所定のパターンが物体に投影されると、投影されたパターンが物体によって反射され、2 つの異なる位置(ここでは L (左)、R (右))に配置された集光用レンズ 2 0 3 R, 2 0 3 L によって集光される。そして、その集光された光はそれぞれ受光部 2 0 4 R, 2 0 4 L で受光され、画像メモリ 2 0 5 R, 2 0 5 L に各々記憶される。

## 【 0 0 4 3 】

次に、対応関係決定部 2 0 6 において、①投光パターンと左の受光部 4 0 1 L で受光したパターン、②投光パターンと右の受光部 4 0 2 R で受光したパターン、③左の受光部 4 0 2 L と右の受光部 4 0 2 で受光したパターン無しの画像、④左の受光部 4 0 2 L と右の受光部 4 0 2 で受光したパターン有りの画像の計 4 通り (①②③④) の対応づけが行われる。このとき、パッシブステレオ法の場合に問題となるテクスチャの無い領域への対応づけの困難さがかなり軽減されている。

## 【 0 0 4 4 】

さらに、前述の第 1 実施形態の場合には、投光パターンと受光パターンの対応

関係を奥行き算出の手がかりとしたが、この第2実施形態においては、左右のパターン無しの画像及びパターン有りの画像の対応関係をも利用するので、より信頼性の高い対応づけを実現できるようになっている。

そして最後に、3次元画像生成部209において、2次元画像情報生成部207で得られた2次元画像情報と、奥行き算出部208で算出された奥行き値とから、3次元画像を生成する。

#### 【0045】

このように、第2実施形態の3次元画像取得装置の構成例によれば、2つ以上の視点に設置された撮像素子でパターンの投影像を取得し、投光パターンと受光パターンの対応関係づけだけでなく、複数の画像間の対応づけも行うため、より正確な対応づけが可能となり、計測精度と信頼性が向上する効果が得られる。

#### 【0046】

##### (第3実施形態)

つづいて、本発明の第3実施形態について図5及び図6に基づき説明する。前述の第1実施形態で用いた3次元画像取得装置の構成は実質的に同じである。ただし、図5に示す如く空間パターン符号化方法が次の如く異なる。

#### 【0047】

図5には、複数の色信号の極大、極小を揃えたストライプパターンの例を示す。つまり、前述した第1実施形態では、濃淡値を用いた場合のパターンの構成例を示したが、この第3実施形態で用いるパターンは、各色(R,G,B)の成分毎のパターンであり、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が一致していることを特徴とするような図示の如くの、RGBの極大位置と極小位置を揃えたカラーストライプパターンである。

そして、R,G,Bの各信号でそれぞれ別々に符号化しておき、R,G,Bの信号の反射率がノイズレベルとにならないものを用いて復号処理するものである。よって、もしR,G,B全ての信号の反射率がノイズレベルでなければ、色の復元処理を試みて、色による情報を復号処理に役立てることができるようになっている。また、極大と極小が交互に存在するので、パターン像の抽出が容易となるメリットも得られるものである。

## 【 0 0 4 8 】

次に第 3 実施形態の 3 次元画像取得装置に関する処理動作について説明する。図 6 のフローチャートは、3 次元画像取得方法に基づく処理の流れを表わす。

まずステップ ST601 で、パターン無しの画像データを入力する。

続いて、ステップ ST602R, ST602G, ST602B において、この画像データの R, G, B 成分を調べ、物体に投光した R, G, B 光がそれぞれどれくらい戻ってきているかを調べる。これによって、物体表面の反射率特性をある程度推定する。この時、もし反射光の R 成分がノイズレベルで 0 に近い値であれば、その近傍ではパターン投影画像の R 成分のデータもほとんどノイズレベルであり、R 成分のデータでの復号はできない。同様のことが、G 成分のデータ、B 成分のデータについても当てはまる。

## 【 0 0 4 9 】

以上の事項がそれぞれ判断され、R G B の例えば R 成分では、もし、画像の R 成分のデータがノイズレベルでなければ、パターン投影画像の R 成分のデータを使用する (ST603R)。このときステップ ST604R にて、R 成分のデータの極大、極小を検出し、続くステップ ST605R では、極大、極小となる区間での階調を求める。また同様にして、G 成分、B 成分の各データについても同様の処理を行う (ST603G, ST604G, ST605G 及び ST603B, ST604B, ST605B)。

## 【 0 0 5 0 】

一方、ステップ ST602T ~ ST605T では次のような処理が行われる。すなわち、R, G, B に対する表面反射率特性が、全てノイズレベル以上であれば、投光パターンの色を推定する。色の推定は、例えば、パターン投影画像の R G B 成分をパターン無しの画像の R G B 成分でそれぞれ割算してそれらの比を算出することでなされる。こうして、R, G, B の表面反射特性が全てノイズレベルを上回っていれば、パターン投影画像の R G B のデータを使用し、そのデータの極大、極小を検出して、色判定を行う。

## 【 0 0 5 1 】

そして、ステップ ST606 において、処理対象の区間の極大、極小情報と階調情

報を用いて数値化して復号処理した後、ステップST607ではその数値情報をメモリ上のテーブルに並べて記録する。そして、この数値情報とパターンメモリ101にあらかじめ記憶されている情報とを照合し、三角測量の原理に基づき物体の奥行き情報を算出する。

#### 【0052】

このように、第3実施形態の3次元画像取得装置に用いるパターンは、R、G、Bにて互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域の一致しているものである。よって、R、G、Bのそれぞれのグラフ中の輝度値や、極大、極小情報を用いた復号だけでなく、各ストライプでR、G、Bの値から定まる色の情報もまた復号に役立てることができる。

#### 【0053】

さらに、R、G、Bの3信号のうち2信号がノイズレベルでない場合にも、それらの2つの信号比を復号に役立てることができる。

そして、R、G、Bの符号化をそれぞれ別々に行っているので、それらを組み合わせた復号処理を行うことによって、復号時の信頼性が向上する効果が得られる。

#### 【0054】

##### (第4実施形態)

図7には、本発明の第4実施形態の3次元画像取得方法にてパターン光投影を行う際のパターン構造を例示している。

この第4実施形態では、前述の第3実施形態で用いた3次元画像取得装置の構成は実質的に同じでよく、空間パターン符号化方法におけるパターンの形態が次のように異なる。すなわち図7に示す如く、適用するパターンがR、G、B信号の極大、極小をずらしたカラーストライプパターンにしていることが特徴である。

#### 【0055】

このように、第4実施形態の3次元画像取得において用いるパターンが、互いに輝度が極大となる領域と極小となる領域が異なるものである、即ち、R、G、B信号の極大、極小をずらしたカラーストライプパターンを用いる方法によれば、R、G、B全ての信号の反射率がノイズレベルでないような場合に、前述の第3実施形態で実施のような極大、極小となるストライプをR、G、Bですべて揃えた

パターンよりも、彩度が大きくなるので、色の判定処理が第 3 実施形態の場合よりも容易になるというメリットが得られる。

【 0 0 5 6 】

(第 5 実施形態)

この第 5 実施形態でも、前述の第 1 実施形態で用いた 3 次元画像取得装置の構成は実質的に同じであるとする。ただし、空間パターン符号化方法におけるパターンの形態が次のように異なる。

図 8 に、本発明の第 5 実施形態の 3 次元画像取得方法で用いるパターンを示すと、このパターン構造は、濃淡値を用いた階調格子パターンであって、しかも極大と極小が図示のように 2 次元的に交互に配置されているところに特徴がある。

【 0 0 5 7 】

このように、第 5 実施形態で適用するパターンが極大と極小が 2 次元的に交互に配置されていることで、従来例に比べて、格子像(マス目の区切り)の抽出が、容易となるというメリットが得られる。

また、このストライプパターンでは、4 つの数字の並びで符号化していたものを 2 × 2 のマス目を用いて符号化が可能なので、縦に長い物体や正方形の物体に対しては、途中で符号が途切れる可能性が少なくなり、都合が良い。

【 0 0 5 8 】

(第 6 実施形態)

つづいて例示する第 6 実施形態で適用されるパターンの形態は、図示はしないが、輝度値が極大、極小となるマス目を R, G, B で揃えた格子パターンである。尚、3 次元画像取得装置の構成は、前述の実施形態と実質的に等価なものでよい。

【 0 0 5 9 】

このような第 6 実施形態によれば、R, G, B の符号化をそれぞれ別々に行っているの、それらを組み合せた復号処理を行うことによって、復号時の信頼性が向上する効果が得られる。

【 0 0 6 0 】

(第 7 実施形態)

最後に、第7実施形態で適用されるパターンの形態（不図示）は、輝度値が極大、極小となるマス目をR,G,Bでずらした格子パターンである。

同様にここでも、3次元画像取得装置の構成は前述の実施形態と実質的に等価なものでよい。

#### 【0061】

このような第7実施形態によれば、R,G,B全ての信号の反射率がノイズレベルでないような場合に、極大、極小となるマス目をR,G,Bですべて揃えたパターンよりも、彩度が大きくなるので、色の判定処理が容易となる効果がある。

#### 【0062】

（変形例）

本発明は次のようにも変形実施が可能である。すなわち、

例示した各実施形態の輝度(階調)パターンは、前述の如く4階調を採用したが、階調は多様性を確保する観点より少なくとも3階調以上が望ましい。また、識別の容易性からは6階調以下できれば5階調以下が望ましい。

#### 【0063】

また、輝度が極大な領域と極小な領域とを交互に配置するという特徴は、パターン全体に対して実現されているのが望ましいが、パターンの隅は実際には使われない場合が多いことを考えれば、撮像光学系の視野に入る範囲で上記特徴が実現されていれば実用上問題はない。すなわち、パターン投影手段と撮影手段の距離が、対象物との距離に比較して充分小さいことを考慮に入れば、投影されるパターンのうち、撮影手段の撮影画角と同じ立体角度の範囲内に投影されるパターン部分で上記の特徴が実現されていればよい。

#### 【0064】

つまり、撮影画角が上下に例えば10度、左右に15度の範囲を撮影するものである場合は、投影されるパターンのうち、上下10度、左右15度の範囲に投影される部分において、輝度が極大領域と極小領域を交互に配置する特徴を実現していれば実用上問題はない。

このほかにも、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変形実施が可能である。

【 0 0 6 5 】

以上、実施形態に基づき説明したが、本明細書中には次の発明が含まれる。

(1) 輝度値が極大、極小となる区間もしくは領域を交互に配置し、極大、極小情報と階調情報を組合せて符号を生成する空間パターン符号化方法を提供できる。そして、この発明の第1の構成例によれば、極大と極小が交互に配置されているので、ストライプ像(ストライプ境界)の抽出が容易となる効果がある。

【 0 0 6 6 】

(2) (1) 記載の空間パターン符号化方法は、ストライプパターンもしくは格子パターンであることを特徴とする空間パターン符号化方法を提供できる。そして、この発明の第2の構成例によれば、2つ以上の視点に設置された撮像素子でパターンの投影像を取得し、投光パターンと受光パターンの対応関係づけだけでなく、複数の画像間の対応づけも行うため、より正確な対応づけが可能となり、計測精度と信頼性が向上するという効果がある。

【 0 0 6 7 】

(3) (1) 記載の空間パターン符号化方法は、R,G,Bのように、ほぼ独立な複数の波長帯でそれぞれ符号化されたことを特徴とする空間パターン符号化方法を提供できる。そして、この発明の第3の構成例によれば、R,G,Bの符号化を別々に行っているため、それらを組合せた復号処理を行うことにより復号時の信頼性が向上する。

【 0 0 6 8 】

(4) (3) 記載の空間パターン符号化方法は、R,G,Bの輝度値が極大、極小となる区間、もしくは極大、極小となる領域が揃っていることを特徴とする空間パターン符号化方法を提供できる。そして、この発明の第4の構成例によれば、R,G,B全ての信号の反射率がノイズレベルでないような場合に、極大、極小となるストライプをR,G,Bで全て揃えたパターンよりも彩度が大きくなるので、色の判定処理が容易となる。

【 0 0 6 9 】

(5) (3) 記載の空間パターン符号化方法は、R,G,Bの輝度値が極大、極小となる区間、もしくは極大、極小となる領域がずれていることを特徴とする

空間パターン符号化方法を提供できる。そして、この発明の第5の構成例によれば、極大、極小となるマス目が交互に配置されているので、従来例に比べ、格子像(マス目の区切り)の抽出が容易となる。

## 【 0 0 7 0 】

(6) (1) 記載の空間符号化パターンを投影するパターン投影部と、  
前記パターン投影部で投影されたパターンを記憶するパターンメモリと、  
反射した光を受光する受光部と、  
前記受光部で受光された情報を記憶する画像メモリと、  
前記画像メモリに記憶されたパターンと前記パターンメモリで記憶されたパターンから被写体の奥行き情報を算出する奥行き算出部と、  
前記受光部で受光された情報を記憶する画像メモリと、  
前記画像メモリから2次元画像情報を生成する2次元画像情報生成部と、  
前記2次元画像情報生成部で生成された2次元画像情報と前記奥行き算出部で算出された奥行き値とから3次元画像を生成する3次元画像生成部と、  
から成ることを特徴とする3次元画像取得装置を提供できる。  
そして、この発明の第6の構成例によれば、R,G,Bの符号化を別々に行っているため、それらを組合せた復号処理を行うことによって、復号時の信頼性が向上する。

## 【 0 0 7 1 】

(7) (6) 記載の3次元画像取得装置は、  
前記受光部と前記画像メモリをそれぞれ複数個具備し、  
前記複数個の画像メモリどうしの内容をマッチングし、画像間の対応づけを行う対応関係決定部を有し、  
前記対応関係決定部で決定された情報を基に前記奥行き算出部で物体の3次元情報を算出し、  
前記2次元画像情報生成部で生成された情報と前記奥行き算出部で算出された値から3次元画像を生成する3次元画像生成部と、  
を有することを特徴とする3次元画像取得装置を提供できる。  
そして、この発明の第7の構成例によれば、R,G,B全ての信号の反射率がノ



イズレベルでないような場合に、極大、極小となるマス目を R, G, B ですべて揃えたパターンよりも、彩度が大きくなるので、色の判定処理が容易となる。

【0072】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明では、RGBの各バンドに対して、その極大、極小情報と階調情報を組合せた符号化を行っているので、白色系や淡色系の物体に限定されることなく、3次元形状測定可能な適用範囲を拡大できる効果がある。

【0073】

そして、本発明によれば、ストライプパターン投影像からのストライプ境界抽出や格子パターン投影像からのマス目境界抽出を正しく行え、且つ、白色系や淡色系の物体でなくても符号化された投影像から正しい復号が可能となる空間パターン符号化を行うための3次元画像取得方法、及びこの方法を実現する3次元画像取得装置を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態の3次元画像取得方法にてパターン光投影を行う際のパターン構造を示す説明図。

【図2】 第1実施形態の3次元画像取得装置の構成を概略的に示す構成図。

【図3】 第1実施形態の3次元画像取得方法における処理の流れを表わすフローチャート。

【図4】 本発明の第2実施形態の3次元画像取得装置の構成を概略的に示す構成図。

【図5】 本発明の第3実施形態の3次元画像取得方法にてパターン光投影を行う際のパターン構造を示す説明図。

【図6】 第3実施形態の3次元画像取得方法における処理の流れを表わすフローチャート。

【図7】 本発明の第4実施形態の3次元画像取得方法にてパターン光投影を行う際のパターン構造を示す説明図。

【図8】 本発明の第5実施形態の3次元画像取得方法にてパターン光投影

を行う際のパターン構造を示す説明図。

【図 9】 従来の空間パターンコード化方法による 3 値の階調を用いた格子パターンの一例を示す説明図。

【図 1 0】 従来の空間パターンコード化方法による処理全体の流れを示すフローチャート。

【図 1 1】 従来のパターン光投影を行う際のパターン構造を示す説明図。

【図 1 2】 従来のパターン光投影を行う際のパターン構造を示す説明図。

【符号の説明】

1 0 1, 2 0 1 …パターンメモリ、  
1 0 2, 2 0 2 …パターン投影部（パターン投影手段）、  
1 0 3, 2 0 3 R, 2 0 3 L …レンズ（撮影手段）、  
1 0 4, 2 0 4 R, 2 0 4 L …受光部（撮影手段）、  
1 0 5, 2 0 5 R, 2 0 5 L …画像メモリ、  
1 0 6, 2 0 8 …奥行き算出部（奥行き計算手段）、  
1 0 7, 2 0 7 …2 次元画像情報生成部（2 次元画像情報生成手段）、  
1 0 8, 2 0 9 …3 次元画像生成部（3 次元画像生成手段）、  
2 0 6 …対応関係決定部。

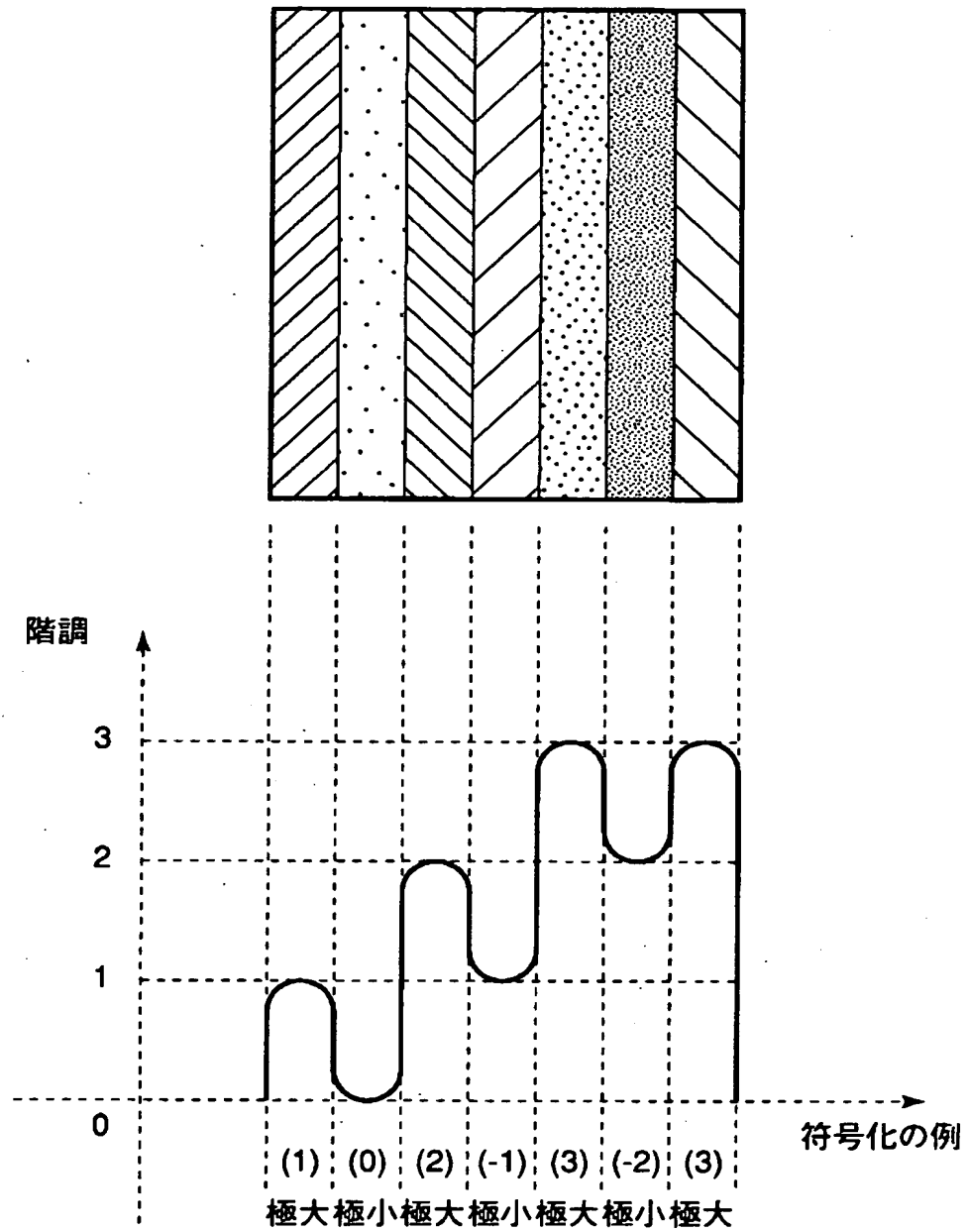
ST301～ST304…第 1 実施形態における処理ステップ、

ST601～ST607…第 3 実施形態における処理ステップ。

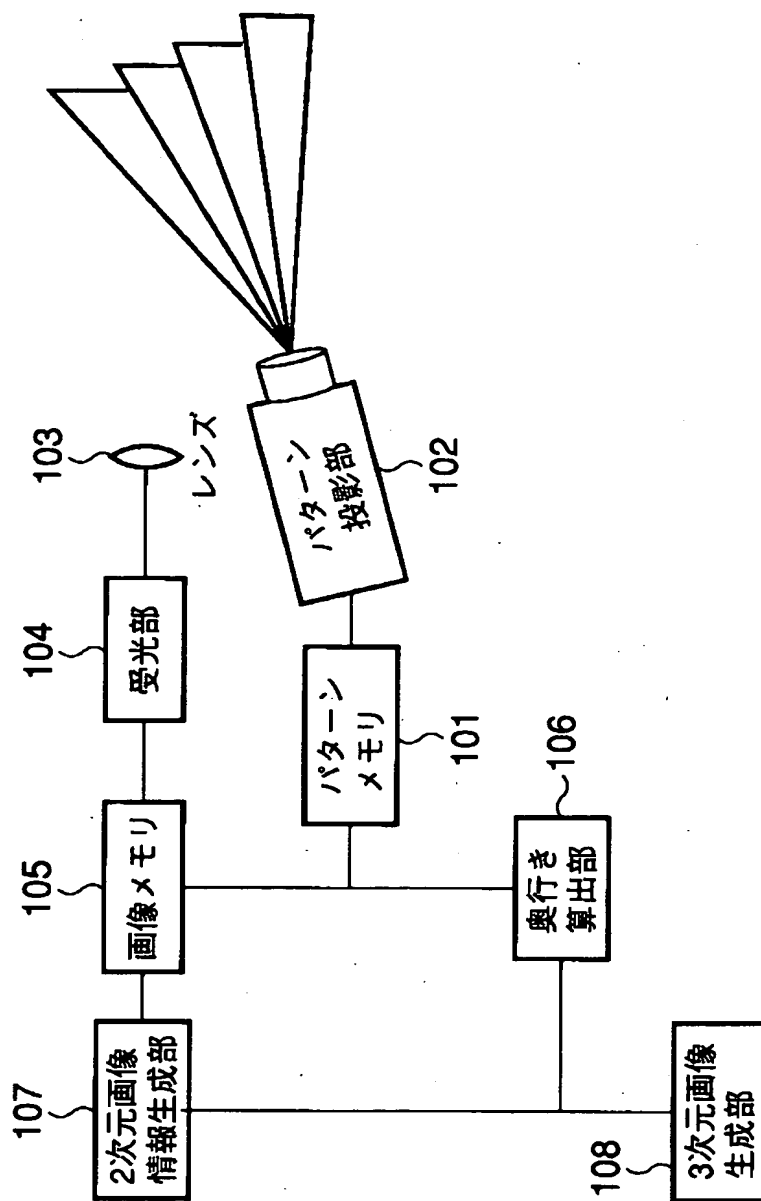
【書類名】

図面

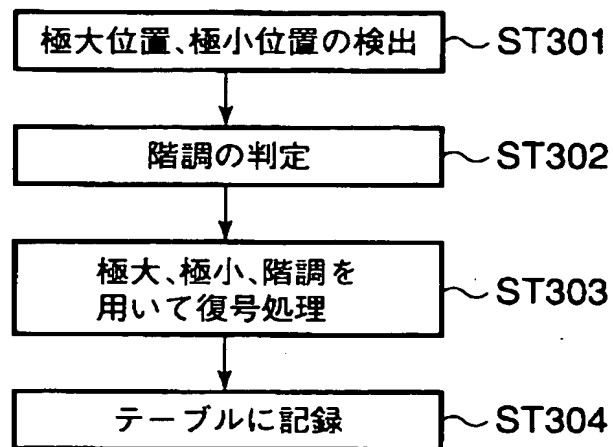
【図 1】



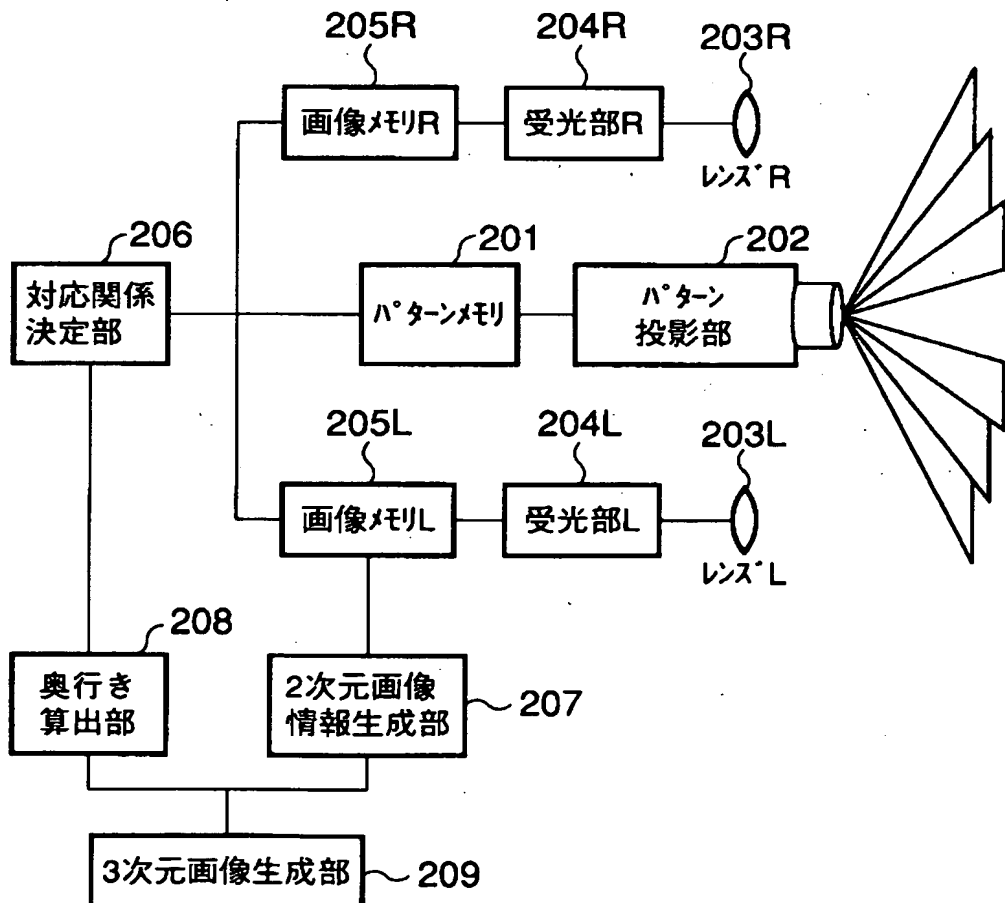
【図2】



【図 3】

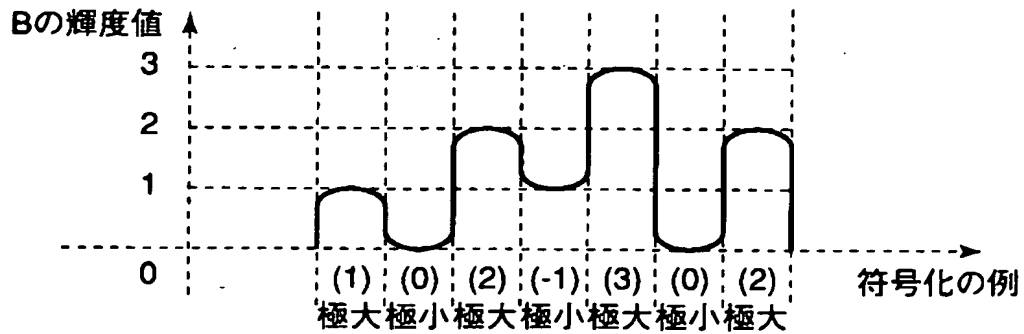
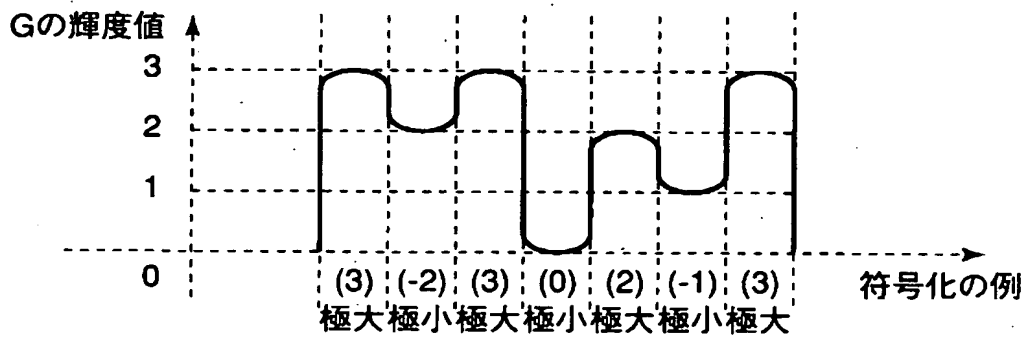
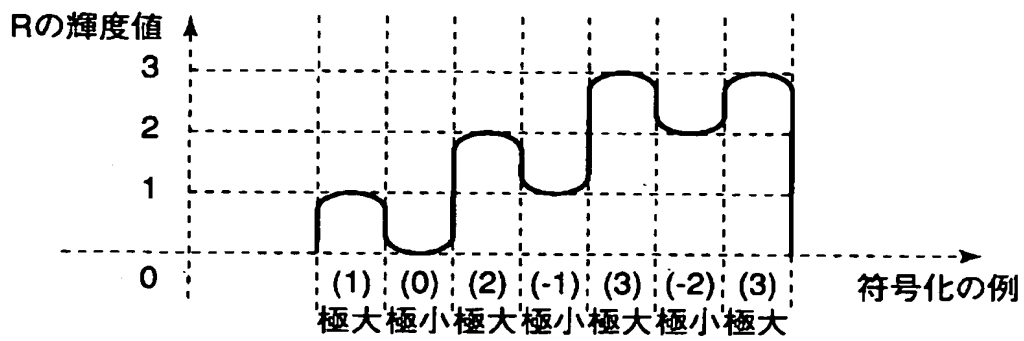
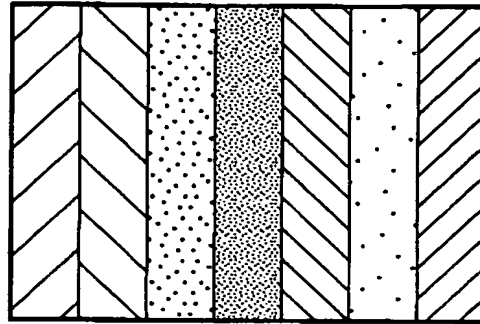


【図 4】

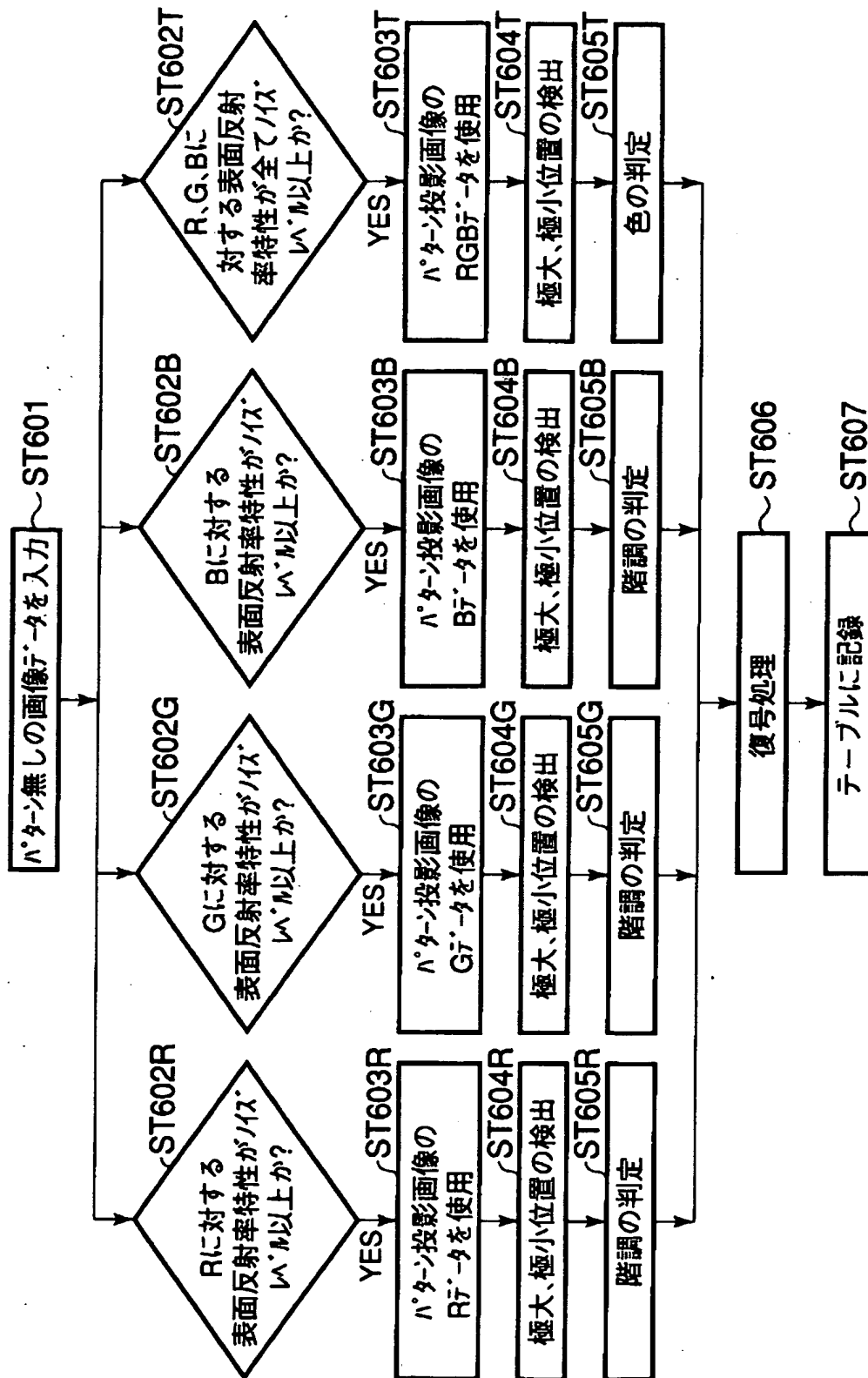


【図 5】

RGBの極大位置、  
極小位置を揃えた  
ガーストライフパターン

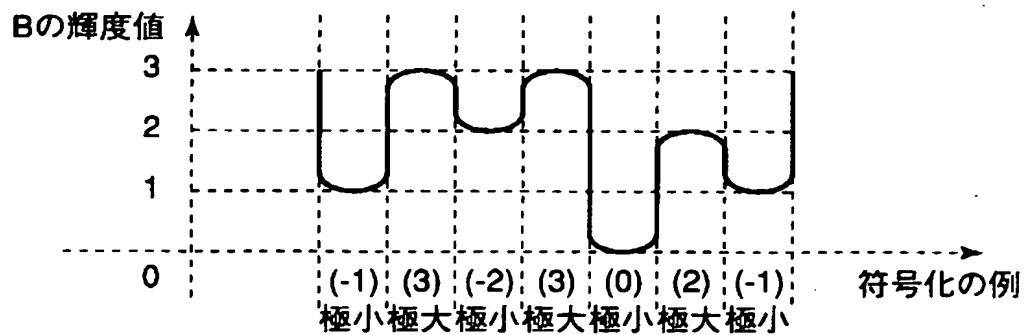
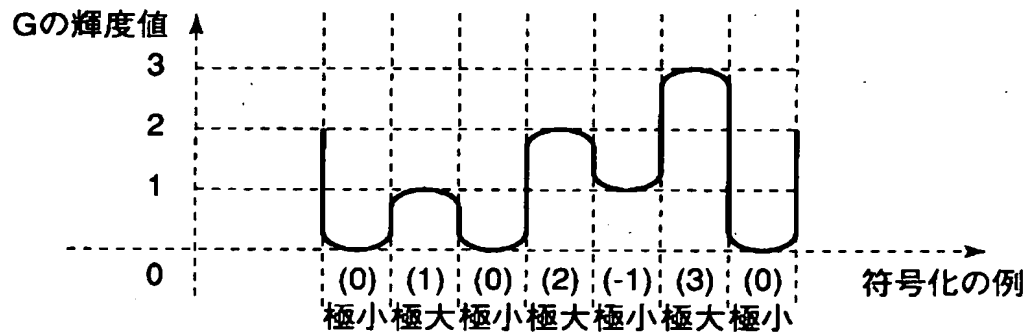
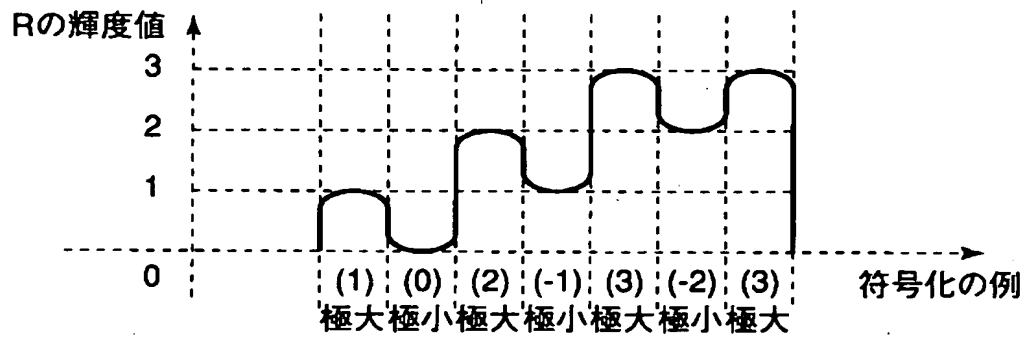
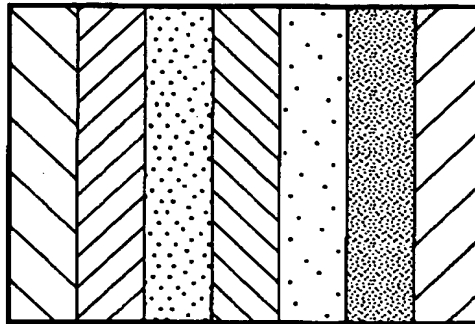


【図 6】



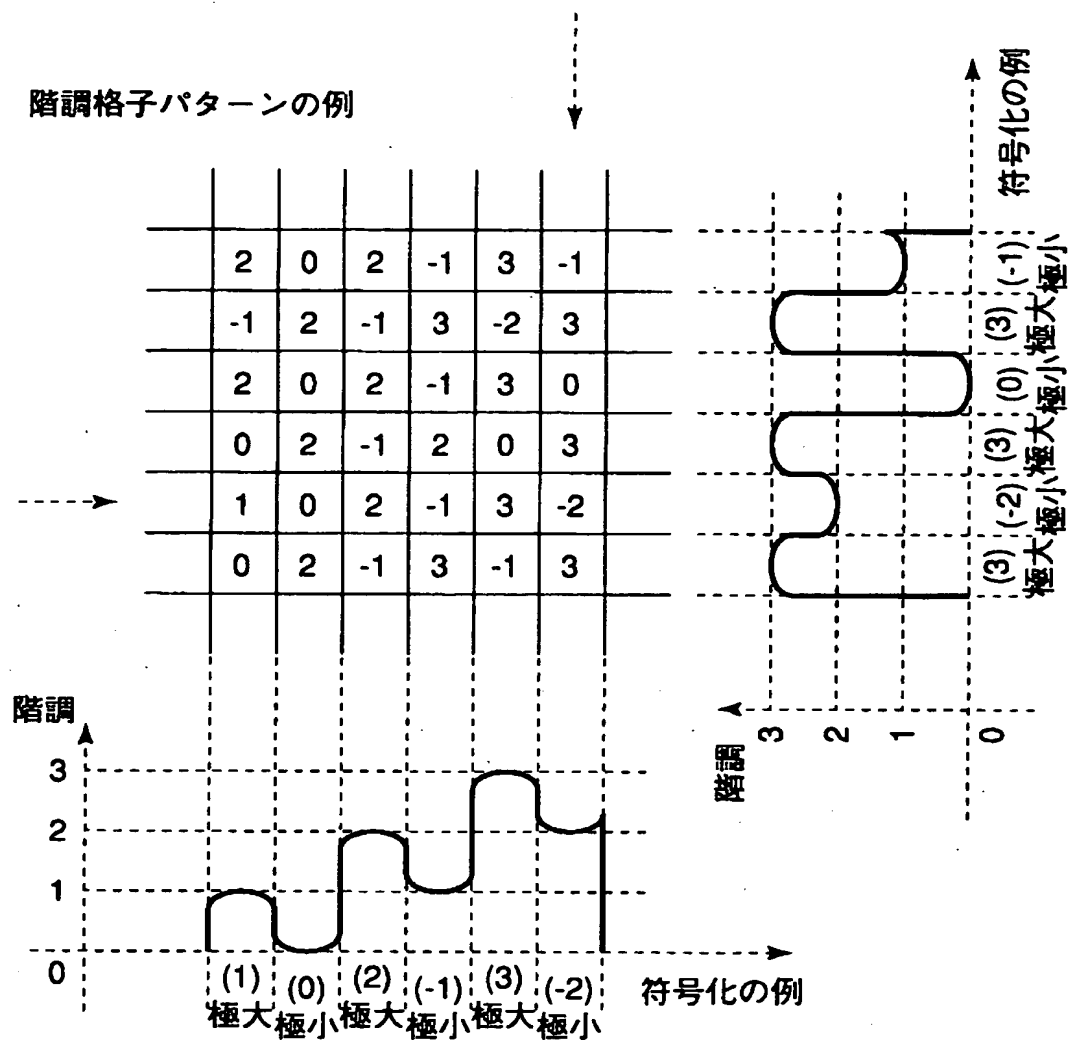
【図 7】

極大と極小位置をずらしたカーブストライプパターン

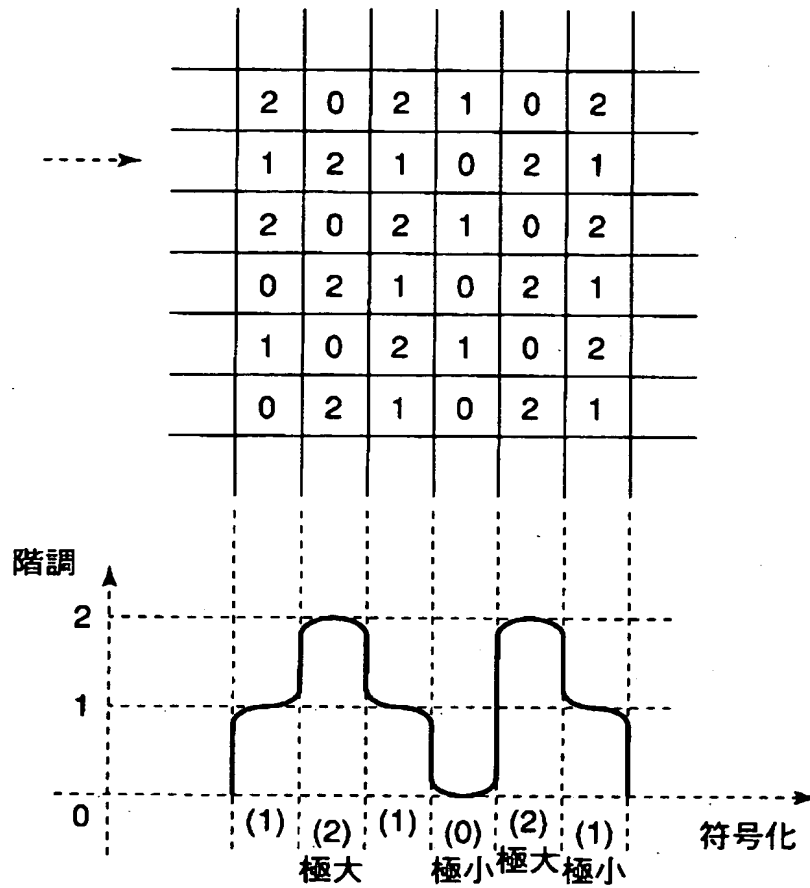




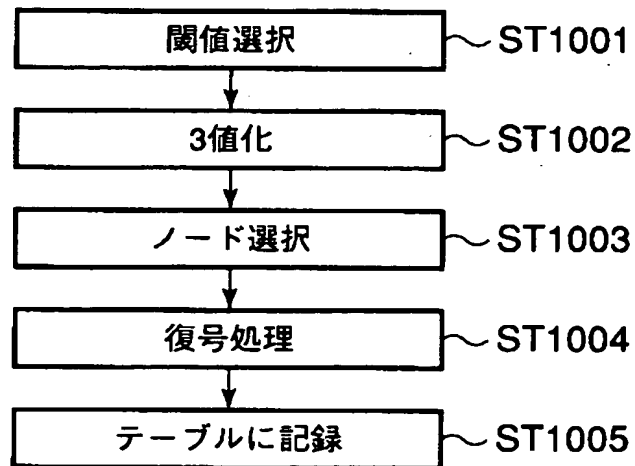
【図 8】



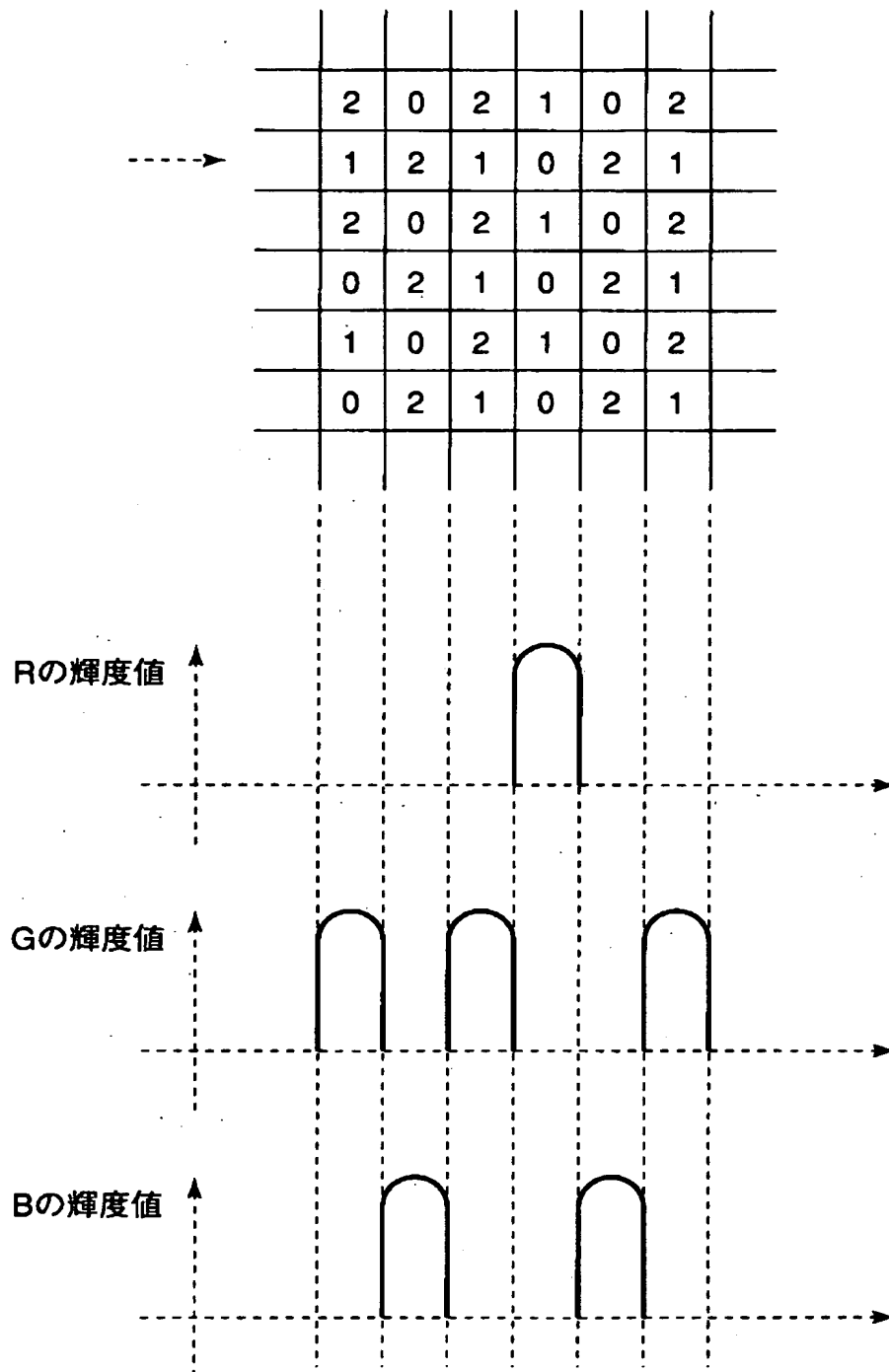
【図 9】



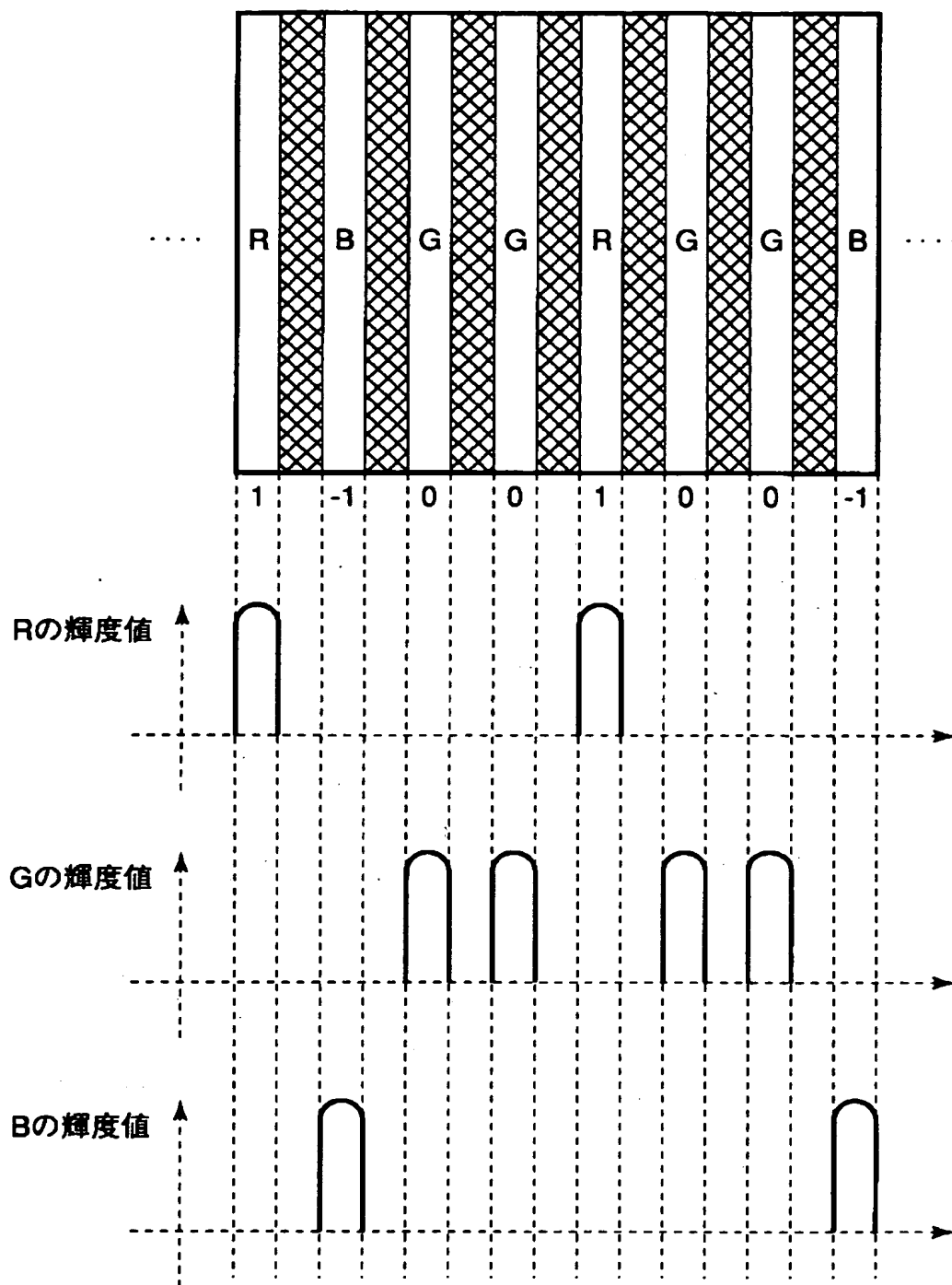
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ストライプパターン投影像からのストライプ境界抽出や格子パターン投影像からのマス目境界抽出を正しく行え、且つ白色系や淡色系の物体でなくても符号化された投影像から正しい復号が可能な3次元画像取得方法及び装置を提供する。

【解決手段】 測定対象物体に所定パターンを投影するパターン投影部102と、この投影部102と所定距離離れて位置し該パターンを投影された物体を撮影する撮影部(103, 104)と、この撮影部の撮影画像からパターンを検出しそのパターンとパターン投影部102が投影したパターンを対応させこれを用いて該物体の各部分の奥行きを計算する奥行き算出部106と、から3次元画像取得装置を構成し、上記パターン投影部102が投影するパターンには、輝度値の極大領域と極小領域を交互に配置したものをを用いた処理を行う。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日	1990年 8月20日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名	オリンパス光学工業株式会社